



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 08 169 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 03 H 9/25**  
H 03 H 9/72  
H 03 H 3/08  
H 03 H 9/64

②1 Aktenzeichen: 102 08 169.7  
②2 Anmeldetag: 26. 2. 2002  
④3 Offenlegungstag: 4. 9. 2003

DE 102 08 169 A 1

⑦1 Anmelder:  
EPCOS AG, 81669 München, DE

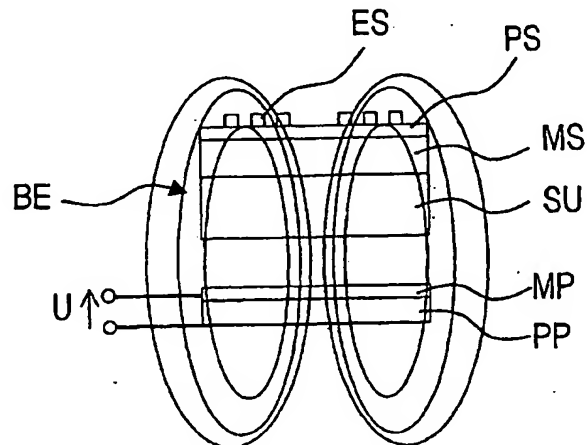
⑦4 Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer GbR, 80339 München

⑦2 Erfinder:  
Tyren, Carl, Monaco, MC; Ruile, Werner, Dr., 80636  
München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Abstimmbares Filter und Verfahren zur Frequenzabstimmung

⑤7 Zur Frequenzabstimmung eines mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelements wird vorgeschlagen, in engem mechanischen Kontakt zu einer piezoelektrischen Schicht (PS) eine magnetosensitive Schicht (MS) vorzusehen und diese mit einem Permeabilitätselement (PE) zu kombinieren, welches in seiner Permeabilität mittels zweier Steuerelektroden (SE) und einer piezoelektrischen Steuerschicht (PP) einstellbar ist.



DE 102 08 169 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein abstimmbares mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, insbesondere ein Filter sowie ein Verfahren zur Frequenzabstimmung.

[0002] Unter mit akustischen Wellen arbeitenden Bauelementen werden im Wesentlichen SAW-Bauelemente (Oberflächenwellenbauelemente), FBAR Resonatoren (Thin Film Bulk Acoustic Wave Resonator) und mit oberflächennahen akustischen Wellen arbeitende Bauelemente verstanden. Solche Bauelemente können z. B. als Verzögerungsleitungen, Resonatoren oder als ID-Tags eingesetzt werden. Große Bedeutung haben diese Bauelemente insbesondere jedoch als Filter in drahtlosen Kommunikationssystemen. Diese Systeme arbeiten weltweit mit regional unterschiedlichen Übertragungsnormen, die sich unter anderem durch unterschiedliche Frequenzlagen für die Sende- und Empfangsbänder sowie durch unterschiedliche Bandbreiten auszeichnen. Da somit die Einsetzbarkeit eines nur einer Norm gehorchenden Telekommunikationsendgerät regional begrenzt ist, sind solche Endgeräte wünschenswert, die mehr als einer Norm gehorchen. Dafür existieren bereits heute Multi-Band-Endgeräte, beziehungsweise kombinierte Multi-Band/Multi-Mode-Endgeräte. Diese weisen dazu in der Regel für jedes Frequenzband ein eigenes Filter auf und können auf diese Weise zwischen unterschiedlichen Sende- und Empfangssystemen hin und her schalten. Aufgrund der Vielzahl der dafür erforderlichen Filter und weiterer erforderlicher Komponenten werden diese Endgeräte jedoch wesentlich teurer und schwerer und laufen außerdem dem Trend der zunehmenden Miniaturisierung der mobilen Endgeräte entgegen.

[0003] Es wurde bereits vorgeschlagen, für ein Multi-Band/Multi-Mode-Endgerät schaltbare Filter zu verwenden, die zwischen unterschiedlichen Arbeitsfrequenzen umschalten können, um damit unterschiedliche Frequenzbänder mit einem einzelnen Filter abzudecken. Für Filter in SAW-Technik ist es dazu bekannt, auf einem Substrat unterschiedliche Filterelemente oder unterschiedliche Elektrodenansätze aufzubringen, zwischen denen umgeschaltet werden kann. Aber hier sind die stets mit elektrischen Verlusten behafteten Schalter und die zusätzliche Chipfläche für die weiteren Elektrodenansätze von Nachteil, die diese Technik benötigt. Außerdem ist es auf diese Weise nur möglich, zwischen konkret vorgegebenen Schaltzuständen auszuwählen beziehungsweise zu schalten.

[0004] Weiterhin wurde bereits vorgeschlagen, analog durchstimmbare (tunable) Filter zu schaffen, um damit ein Filter für unterschiedliche Frequenzen auszuliegen. Herkömmliche SAW-Filter sind jedoch für ihre Frequenzstabilität bekannt und daher nicht oder nur in sehr engen Grenzen abstimmbar. Zur Abstimmung ist es bekannt, parallel zum Filter eine variable Kapazität zu schalten, ein variables ferroelektrisches Material zu verwenden, eine in ihrer Leitfähigkeit variable Schicht einzusetzen oder variable Lasten auf einzelne Filterelemente zu geben. Die damit erreichbare durchstimbare Bandbreite, also der maximal variierbare Frequenzbereich für solche Filter ist aber eher gering und nicht dazu ausreichend, ein SAW-Filter durch Frequenzabstimmung in unterschiedlichen Frequenzbändern betreiben zu können.

[0005] Eine weitere mit akustischen Wellen arbeitende Filtertechnik ist die FBAR- oder BAW-Filtertechnik, bei der durch Zusammenschalten verschiedener in FBAR-Technik aufgebauter Eintonresonatoren ein Bandpaßfilter realisiert werden kann. Auch hier ist es möglich, für ein zwischen verschiedenen Frequenzen schaltbares Filter unterschiedliche Filterelemente wie beispielsweise unterschiedliche Elektro-

den oder komplett unterschiedliche Resonatoren oder Filter vorzusehen. Auch wurde für FBAR Filter bereits vorgeschlagen, parallele variable Kapazitäten, variable ferroelektrische Materialien, variabel leitfähige Schichten oder variable Lasten für einzelne Filterelemente vorzusehen, um dadurch schaltbare oder abstimbare Filter zu realisieren. Doch ebenso wie bei der SAW-Technik lassen sich die Frequenzen auch auf diese Art und Weise in nur sehr engen Grenzen abstimmen.

[0006] In der US 5,959,388 ist ein SAW-Bauelement beschrieben, welches mit einem Magnetfeld abstimmbar ist. Dazu ist auf einem magnetostruktivem Material eine piezoelektrische Schicht aufgebracht, auf der das SAW-Bauelement realisiert ist. Unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes wird in der magnetostruktiven Schicht eine mechanische Verspannung generiert, die zu einer Veränderung der Geschwindigkeit der Oberflächenwelle führt. Auf diese Weise läßt sich die Frequenz des SAW-Bauelements verschieben. Da das Magnetfeld mit einer Spule erzeugt wird, stellt dies eine aufwendige und nur schwer steuerbare Konstruktion dar, die vor allem wegen der energetischen Verluste für mobile Endgeräte nicht geeignet ist.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement anzugeben, welches in seiner Frequenzlage einfach abstimmbar ist und welches sich zur Herstellung von in verschiedenen Frequenzbändern arbeitenden Filtern eignet.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauelement mit dem Merkmal von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie ein Verfahren zur Frequenzabstimmung gehen aus weiteren Ansprüchen hervor.

[0009] Die Erfindung gibt ein Bauelement an, welches einen einfachen Aufbau aufweist und welches in einfacher Weise in seiner Frequenzlage abstimmbar ist. Wie in der bereits genannten US 5,959,388 vorgeschlagen wurde, wird die Abstimmung der Frequenzlage über ein Magnetfeld vorgenommen, welches auf eine magnetosensitive Schicht einwirkt. Diese steht in engem mechanischem Kontakt zu einer piezoelektrischen Schicht, auf der Elektrodenstrukturen realisiert sind, die Bauelementstrukturen darstellen. Durch die Einwirkung des Magnetfeldes werden die elastischen Eigenschaften in der magnetosensitiven Schicht bestimmt, beziehungsweise bei variierendem Magnetfeld entsprechend verändert.

[0010] Im Unterschied zu dem aus der genannten US-Patentschrift bekannten Lösung gelingt die Regelung der Frequenzlage erfindungsgemäß in einfacher Weise mittels zweier Steuerelektroden, über die die Permeabilität eines hybriden Permeabilitäts-elementes beeinflusst wird. Das hybride Permeabilitäts-element besteht dabei zumindest aus einem Verbund aus einer piezoelektrischen Steuerschicht und einer magnetostruktiven Schicht. Über die Steuerelektroden wird in der piezoelektrischen Schicht eine Dimensionsänderung bewirkt, die im Verbund auf die magnetostruktive Schicht einwirkt und dort die Permeabilität ändert. Diese Änderung kann dazu eingesetzt werden, entweder ein externes Magnetfeld in seiner Feldstärke zu beeinflussen oder, sofern die magnetostruktive Schicht bereits eine Vormagnetisierung aufweist, diese Vormagnetisierung und damit das bereits vorhandene magnetische Feld zu ändern. In beiden Fällen wird mit einer an die Steuerelektroden angelegten Steuerspannung das Magnetfeld und damit die mechanischen Eigenschaften der magnetosensitiven Schicht beeinflusst, die wiederum die Frequenzlage des in der piezoelektrischen Schicht über der magnetosensitiven Schicht ausgebildeten Bauelements beeinflusst. Die Regelung der Frequenzlage gelingt dabei ohne großen Steuerungsaufwand,

da lediglich eine entsprechende Spannung zu regeln ist. Bei konstantem Magnetfeld wird an den Steuerelektroden keinerlei Verlustleistung erzeugt, ganz im Unterschied zu dem aus der US-Patentschrift bekannten Bauelement, bei dem die erforderliche magnetische Spule eine erhebliche Verlustleistung produziert.

[0011] Die Einwirkung des zur Abstimmung verwendeten Permeabilitätselements auf die magnetosensitive und auf die piezoelektrische Schicht erfolgt dabei berührungsfrei über den Raum. Daher sind piezoelektrische Schicht und Permeabilitätselement zwar räumlich getrennt, jedoch so nahe, daß das Magnetfeld beide erfassen kann beziehungsweise das im Permeabilitätselement erzeugte Magnetfeld auf die magnetosensitive Schicht einwirken kann.

[0012] In Abhängigkeit von dem für die magnetosensitive Schicht gewählten Material kann deren Elastizitätsmodul bis zu einem Faktor von mehr als 2 verändert werden. Die Geschwindigkeit der Oberflächenwelle, die von der Wurzel des Elastizitätsmoduls abhängig ist, läßt sich dementsprechend um mehr als 30% verändern, was der Änderung der Frequenzlage des Bauelements entspricht, die proportional zur Geschwindigkeit der Oberflächenwelle ist.

[0013] Das erfindungsgemäße Bauelement kann als SAW-Bauelement auf der als Dünnschicht ausgebildeten piezoelektrischen Schicht ausgebildet sein. Dazu sind auf der piezoelektrischen Schicht die Elektrodenstrukturen und alle übrigen Bauelementstrukturen ausgebildet, beispielsweise Interdigitalwandler, Reflektoren sowie elektrische Anschlüsse und Verbindungen. Unterhalb der piezoelektrischen Schicht ist die magnetosensitive Schicht angeordnet, die insbesondere aus einem magnetostriktiven Material ausgewählt ist. Solche Materialien sind in einer Vielzahl bekannt und prinzipiell alle für die Erfindung geeignet. Aus praktischen Erwägungen heraus werden jedoch solche Materialien für die magnetosensitive Schicht ausgewählt, die sich mittels Dünnschichtverfahren abscheiden lassen und die im Herstellungsprozeß die weiteren Prozeßbedingungen zur Abscheidung der piezoelektrischen Schicht überstehen können. Der magnetostriktive Effekt, also die Veränderung von mechanischen Eigenschaften infolge der Einwirkung eines Magnetfelds verändern die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Oberflächenwelle. Da die Eindringtiefe der SAW während der Ausbreitung einer halben Wellenlänge entspricht, wird die Dicke der piezoelektrischen Schicht entsprechend dünner gewählt, um die teilweise Ausbreitung der Welle innerhalb der magnetosensitiven Schicht und damit den gewünschten Effekt zu gewährleisten.

[0014] Die magnetisch abstimmbare Schicht wiederum kann eine frei tragende Schicht sein und somit das Substrat des Bauelementes darstellen. Möglich ist es jedoch auch, die magnetisch abstimmbare Schicht auf einem herkömmlichen Bauelementsubstrat, beispielsweise einem Glas- oder Keramikträger oder einem Halbleiter aufzubauen. Letztere Möglichkeit hat den Vorteil, daß sich im Halbleiter Mittel zum Erzeugen eines Magnetfeldes integrieren lassen, insbesondere Schaltelemente zum Aufbau und Ansteuern des Magnetfeldes. Dies ermöglicht die platz- und kostensparende Integration elektrischer, akustischer und magnetischer Komponenten.

[0015] Um eine maximale Abstimmbarkeit des Bauelements zu erreichen, wird die magnetosensitive Schicht nach der Stärke des magnetostriktiven Effekts ausgewählt. Eine besonders starke Änderung ihrer mechanischen Eigenschaften zeigen sogenannte GDE-Materialien (Giant Delta E), also Materialien, die eine außergewöhnlich hohe Änderung des Elastizitätsmoduls unter der Einwirkung eines Magnetfelds aufweisen. Eine Reihe solcher Materialien aus den unterschiedlichsten Materialklassen sind in letzter Zeit be-

kannt geworden.

[0016] Eine große Steifigkeitsänderung durch Anlegen eines Magnetfeldes werden beispielsweise mit bestimmten metallischen Gläsern, sogenannten Metgläsern erreicht, die hauptsächlich aus den Metallen Eisen, Nickel und Kobalt bestehen. So weisen beispielsweise Metgläser der Zusammensetzung  $\text{Fe}_{81}\text{Si}_{13,5}\text{B}_{13,5}\text{C}_2$ ,  $\text{FeCuNbSiB}$ ,  $\text{Fe}_{40}\text{Ni}_{40}\text{P}_{14}\text{B}_6$ ,  $\text{Fe}_{35}\text{Co}_{30}\text{B}_{15}$  oder  $\text{Fe}_{80}$  mit Si und Cr einen starken Delta E Effekt auf. Solche Metgläser sind beispielsweise unter dem Markennamen VITROVAC® 4040 der Vakuumschmelze oder unter der Bezeichnung Metglas® 2605 SC ( $\text{Fe}_{81}\text{Si}_{13,5}\text{B}_{13,5}\text{C}_2$ ) bekannt.

[0017] Auch Multilayer-Systeme mit amorpher Struktur auf der Basis gemischter Metalloxide sind geeignet, beispielsweise das Zweischichtsystem  $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{50}/\text{Co}_{50}\text{B}_{20}$ .

[0018] Auch binäre und pseudobinäre Systeme aus seltenen Erdenmetallen, wie  $\text{TbFe}_2$  oder  $\text{Tb}_{0,3}\text{Dy}_{0,7}\text{Fe}_2$  kommen in Betracht.

[0019] Auch Einkristallsysteme wie Terfenol in der Zusammensetzung  $\text{Tb}_x\text{Dy}_{1-x}\text{Fe}_2$  mit  $0,27 \leq x \leq 0,3$  und  $1,9 \leq y \leq 1,95$  oder  $\text{F}_{14}\text{Nd}_2\text{B}$  zeigen einen starken  $\Delta E$ -Effekt.

[0020] Eine weitere Substanzklasse mit hohem  $\Delta E$ -Effekt sind die Phosphate  $\text{RPO}_4$  von seltenen Erden. Dabei steht R für die seltenen Erden von Tb bis Y, beispielsweise für  $\text{TbPO}_4$ ,  $\text{TmPO}_4$  und  $\text{DyPO}_4$ . Diese Zusammensetzungen weisen eine polykristalline Struktur auf, können aber auch in tetragonaler einkristalliner Form eingesetzt werden.

[0021] Alle diese genannten Stoffe ändern bei Anlegen eines Magnetfelds ihre elastischen Eigenschaften um bis zu 100%, ohne daß sie dafür in der Nähe eines Phasenübergangs arbeiten. Infolgedessen ist die Änderung der Eigenschaften auch annähernd linear zum angelegten Magnetfeld, so daß eine gute Regelung dieser Eigenschaften über ein Magnetfeld möglich ist.

[0022] Bei der Erfindung ist es unerwünscht, daß die im Bauelement erzeugte akustische Welle eine Rückwirkung auf die magnetostriktive Schicht hat, die zu einer Nichtlinearität des Bauelements führen würde. Daher sind die magnetosensitiven Schichten so ausgewählt, daß deren maximale Umschaltfrequenz, also das Ansprechen auf eine mechanische Einwirkung durch den inversen magnetostriktiven Effekt aufgrund der akustischen Welle weit unterhalb des Frequenzbereichs der akustischen Welle liegt, bei der das Bauelement arbeitet. Dies hat zur Folge, daß bei der Arbeitsfrequenz des Bauelements die akustische Welle keinerlei Rückkopplungen durch den magnetostriktiven Effekt in der magnetosensitiven Schicht erzeugt.

[0023] Für alle angegebenen Schichten ist diese Forderung erfüllt. Dennoch können die Bauelemente mit einer ausreichenden Geschwindigkeit umgeschaltet werden. Die Trägheit des magnetostriktiven Effekts erlaubt noch Schaltfrequenz im Kilohertz-Bereich, was Schaltzeiten von weniger als 1 ms entspricht.

[0024] Ein erfindungsgemäßes Bauelemente kann auch als FBAR-Resonator ausgebildet sein. Ein solches mit Volumenwellen arbeitendes Bauelement weist eine piezoelektrische Schicht auf, die zwischen zwei Elektroden-schichten, insbesondere die untere Elektroden-schicht als magnetosensitive Schicht ausgebildet sein. Dies ist insofern in einfacher Weise möglich, da die meisten magnetostriktiven Materialien eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Andernfalls wird eine dünne hochleitfähige Schicht als zusätzliche Elektroden-schicht vorgesehen. Möglich ist es auch, die magnetosensitive Schicht als obere Elektroden-schicht für den FBAR-Resonator auszubilden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, beide Elektroden-schichten aus magnetosensitivem Material herzustellen. Möglich

ist es auch, die magnetosensitive Schicht als zusätzliche Schicht zu den Elektrodenschichten auszubilden, wobei die magnetosensitive Schicht über- oder unterhalb von Elektrodenschichten oder direkt benachbart der piezoelektrischen Schicht angeordnet werden kann.

[0025] Bei der Ausführung als FBAR-Resonator ist das gesamte Bauelement vorzugsweise auf einem Substrat aufgebaut, auf dem die einzelnen Schichten einzeln und hintereinander erzeugt beziehungsweise übereinander abgeschieden werden. Als Substratmaterialien dienen üblicherweise Glas oder Halbleiter wie beispielsweise Silizium. Weitere geeignete Substratmaterialien sind Keramik, Metall, Kunststoffe sowie andere Material mit entsprechenden mechanischen Eigenschaften, auf denen sich die für das Bauelement erforderlichen Schichten abscheiden lassen. Möglich sind auch Mehrlagenaufbauten aus zumindest zwei unterschiedlichen Schichten. Das Substrat ist mechanisch stabil und vorzugsweise im thermischen Ausdehnungskoeffizienten an den darüber aufgetragenen Schichtaufbau angepaßt, um in den auf Dimensionsänderungen empfindlichen Schichten des Bauelements Verspannung durch unterschiedliche thermische Ausdehnung zu minimieren.

[0026] Bei der Ausbildung des Bauelements als FBAR-Resonator existieren verschiedene Aufbauvarianten, die sich bezüglich der Schichtenfolge im Bauelement unterscheiden können. Zur akustischen Entkopplung des FBAR-Resonators zum Substrat hin kann beispielsweise ein akustischer Spiegel vorgesehen sein, der die akustische Welle in den Resonator reflektiert, so daß keine Verluste durch Abstrahlung der Welle in das Substrat hinein entstehen. Ein solcher akustischer Spiegel läßt sich in einfacher Weise aus zumindest zwei, meist aber vier oder mehr  $\lambda/4$ -Schichten fertigen, deren Dicke einem Viertel der Wellenlänge der in der Materialausbreitungsfähigen akustischen Welle ist. Für diese  $\lambda/4$ -Schichten werden unterschiedliche Materialien mit unterschiedlicher akustischer Impedanz verwendet, wobei die Reflektivität des akustischen Spiegels mit größer werdendem Impedanzunterschied zwischen den Materialien der Spiegelschichten steigt. Ein akustischer Spiegel kann beispielsweise aus alternierenden Schichten von Wolfram und Siliziumoxid, Wolfram und Silizium, Aluminiumnitrid und Siliziumoxid, Silizium und Siliziumoxid, Molybdän und Siliziumoxid oder anderen Schichtenpaaren bestehen, die sich durch ausreichende Unterschiede bezüglich ihrer akustischen Impedanz unterscheiden und die kontrolliert in Dünnschichttechniken wechselseitig übereinander abscheidbar sind. Die Anzahl der für eine ausreichende Reflektivität des akustischen Spiegels erforderlichen Schichtenpaare ist von der Materialauswahl abhängig, da unterschiedliche Schichtenpaare unterschiedliche Reflektivität aufweisen.

[0027] Die magnetosensitive Schicht kann eine Teilschicht des akustischen Spiegels sein. Auch die Elektrodenschicht kann Teil des akustischen Spiegels sein. Möglich ist es jedoch auch, den akustischen Spiegel zusätzlich zu beiden genannten Schichten auszubilden.

[0028] Eine weitere Ausführungsform von FBAR-Resonatoren nutzt den hohen Impedanzunterschied zwischen Feststoffen und Luft, um an der Grenzfläche eine ausreichende Reflektivität für die akustische Welle zu erzielen. Solche FBAR-Resonatoren sind daher über einem Luftspalt ausgebildet, beispielsweise freitragend oder über einer zusätzlichen dünnen Membranschicht. Die Auflagepunkte des FBAR-Resonators auf dem Substrat sind dabei so gewählt, daß sie seitlich gegen das aktive Resonatorvolumen versetzt sind, das insbesondere durch die Elektrodenfläche für den FBAR-Resonator definiert ist.

[0029] Das Permeabilitätselement ist ein hybrides Ele-

ment, welches über die Kombination der Materialeigenschaften seiner beiden Funktionsschichten ganz eigene Eigenschaften erhält. So läßt sich über die angelegten Steuerelektroden ein Magnetfeld erzeugen oder zumindest ein bestehendes Magnetfeld beeinflussen. Primär wird über die an Steuerelektroden anzulegende Steuerspannung eine Dimensionsänderung der piezoelektrischen Steuerschicht erzeugt, die auf die magnetostriktive Schicht übertragen wird. Durch den inversen magnetostriktiven Effekt wird so ein Magnetfeld erzeugt oder ein bestehendes äußeres Magnetfeld verändert. Dies geschieht durch die Permeabilitätsänderung in der magnetostriktiven Schicht aufgrund der mechanischen Einwirkung. Die Permeabilität kann sich in solchen Schichten bis zu einem Faktor 6 ändern. In ein äußeres magnetisches Feld eingebracht kann dies zu einer Änderung der Magnetfeldstärke um ebenfalls bis zum Faktor 6 führen.

[0030] Solche hybride Elemente sind prinzipiell bereits bekannt, beispielsweise aus dem Artikel von K. I. Arai, C. S. Muranka, M. Yamaguchi: "A new hybride device using magnetostrictive amorphous films and piezoelectric substrate" in IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 30, No. 2, March 1994, pp. 916 bis 918. Dieses Element besteht beispielsweise aus einem 4 µm dicken amorphen Film aus  $\text{Fe}_{77}\text{Si}_{11}\text{B}_{12}$  als magnetostriktiver Film und einer etwa 150 µm dicken PZT-Keramik-Schicht (Bleizirkonatititanat), die als Substrat für die magnetostriktive Schicht dienen kann. Die magnetostriktive Schicht kann aufgrund ihrer Leitfähigkeit als eine der Steuerelektroden für die piezoelektrische Steuerschicht dienen. Gegenüber der magnetostriktiven Schicht ist auf der piezoelektrischen Steuerschicht die zweite Steuerelektrode aufgebracht, beispielsweise eine Aluminiumschicht. Dieses bekannte hybride Permeabilitätselement zeigt bereits die gewünschten Permeabilitätsänderungen in einem Ausmaß, welches zu einer gewünschten Änderung des Magnetfelds selbst führt. Die Änderung des Magnetfelds ist dabei ausreichend hoch, daß die maximale Veränderung im Elastizitätsmodul der magnetosensitiven Schicht bewirkt wird. Prinzipiell sind für das hybride Permeabilitätselement jedoch alle weiteren Kombinationen aus piezoelektrischem Material und magnetostriktivem Material geeignet, wobei piezokeramische Schichten aufgrund der Preisgünstigkeit und ihrer Eignung als Substratmaterialien bevorzugt sind.

[0031] Das hybride Permeabilitätselement ist am oder in der Nähe des Bauelements angeordnet. Vorteilhaft ist es mit dem Gehäuse des Bauelements verbunden oder kann Teil des Gehäuses sein. Es kann in oder außerhalb des Gehäuses angeordnet sein, insbesondere ober- und unterhalb des Bauelements. In diesem Fall verlaufen die Feldlinien des Magnetfelds vertikal zur magnetosensitiven Schicht und damit auch vertikal zur Ebene der Elektrodenstrukturen und vertikal zur piezoelektrischen Schicht. Dabei ist lediglich zu beachten, daß keinerlei magnetische Abschirmschichten zwischen dem Permeabilitätselement und der magnetosensitiven Schicht angeordnet sind. Für das gesamte Bauelement ist jedoch außen eine magnetische Abschirmung vorteilhaft, die das Bauelement gegenüber elektromagnetischer Strahlung von außen unempfindlich macht.

[0032] Das hybride Permeabilitätselement kann auch so zum Bauelement angeordnet sein, daß die Feldlinien des Magnetfelds parallel zur magnetosensitiven Schicht verlaufen. Dann ist das hybride Permeabilitätselement seitlich des Bauelements angeordnet. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß zum Erzielen einer gewünschten Elastizitätsänderung in der magnetosensitiven Schicht ein geringeres Magnetfeld ausreichend ist als bei vertikaler Ausrichtung von Magnetfeld zu magnetosensitiver Schicht. Eine maximale Abstimbarkeit der Mittenfrequenz/Resonanzfrequenz ergibt

sich in dieser Ausführung bei einem mit Scherwellen arbeitenden Bauelement.

[0033] Obwohl in der magnetostruktiven Schicht des Permeabilitätsesementes bereits eine Ausrichtung der magnetischen Domänen gegeben sein kann, die dem hybriden Element selbst magnetische Eigenschaften verleihen, wird vorzugsweise noch ein äußeres Magnetfeld vorgesehen, insbesondere ein Permanentmagnet. Dieser kann fest mit dem Permeabilitätsselement gekoppelt sein.

[0034] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist auch die magnetostruktive Schicht aus dem gleichen Material wie die magnetosensitive Schicht und insbesondere ein GDE-Material.

[0035] Zur Abschirmung des Bauelements gegenüber elektromagnetischer Strahlung ist eine metallische Abdeckung, Umhüllung, ein metallisches Gehäuse oder ähnliches geeignet insbesondere Mu-Metall geeignet.

[0036] Wegen der guten Abstimmbarkeit bezüglich der Arbeitsfrequenz des Bauelements ist dieses insbesondere als Filter geeignet und insbesondere als Frontendfilter für ein drahtloses Kommunikationsendgerät, beispielsweise ein Handy. Durch den großen Abstimmungsbereich bis 30% relativ zur Mittenfrequenz des Filters kann ein erfindungsgemäßes Bauelement als Frontendfilter auf eine Reihe unterschiedlicher Frequenzbänder abgestimmt werden. So ist es mit einem einzigen erfindungsgemäßen Filter möglich, in unterschiedlichen Sende- und Empfangsbändern betrieben zu werden. Während bislang für einen Betrieb in mehreren Bändern mehrere Filter erforderlich waren, genügt nun ein einziges erfindungsgemäßes Filter. Mit 2 oder 3 Filtern läßt sich auf diese Weise sogar das gesamte Frequenzspektrum der heute üblichen Mobilfunkfrequenzen abdecken.

[0037] Erfindungsgemäße als FBAR-Resonatoren ausgebildete Bauelemente stellen für sich genommen noch keine Filter dar, sondern wirken erst in einer Zusammenschaltung mehrerer Bauelemente, beispielsweise in einer Abzweigschaltung als Bandpaßfilter. Mit der Erfindung ist es nun möglich, sämtliche zu einem Bandpaßfilter zusammengeschaltete erfindungsgemäße FBAR-Resonatoren mit einem gemeinsamen Permeabilitätsselement bezüglich ihrer Arbeitsfrequenz und damit bezüglich der Mittenfrequenz des Paßbandes zu verschieben. Möglich ist es jedoch auch, zwei oder mehr Permeabilitätsselemente in einem Bauelement vorzusehen und so mehrere Filterkomponenten unterschiedlich zu beeinflussen. Wird ein Paßbandfilter durch erfindungsgemäße FBAR-Resonatoren realisiert, so können die Resonatoren so in Gruppen angeordnet werden, daß mit Hilfe mehrerer Permeabilitätsselemente eine unterschiedliche Beeinflussung der Resonatoren bezüglich ihrer Mittenfrequenz gelingt. Bei einem Paßbandfilter in Abzweigtechnik ist es zum Beispiel möglich, die im seriellen Zweig angeordneten Resonatoren anders zu behandeln beziehungsweise zu beeinflussen als die in den parallelen Zweigen angeordneten Resonatoren. Auf diese Weise ist es möglich, die Bandbreite des gesamten Filters zu beeinflussen. Bei größer werdendem Abstand der Mittenfrequenzen zwischen den Resonatoren im parallelen und im seriellen Arm wird die Bandbreite des Filters vergrößert.

[0038] Mit der gleichen Methode lassen sich auch die Duplexerabstände in einem aus erfindungsgemäßen Bauelementen hergestellten Duplexer beeinflussen. Wird eines der beiden aus erfindungsgemäßen Sende- und Empfangsfilter bestehenden Einzelfilter des Duplexers mit Hilfe eines Permeabilitätsesementes in seiner Mittenfrequenz gegen das entsprechende andere Filter verschoben, so wird der Duplexerabstand vergrößert oder verkleinert. Durch unabhängige Beeinflussung von Sende- und Empfangsfiltern mit Hilfe eigener Permeabilitätsselemente und unterschiedlich einstell-

barer Steuerspannungen ist es möglich, den Duplexer sowohl im Duplexerabstand als auch in der Frequenzlage im Rahmen der erfindungsgemäßen Bandbreite bis mehr als 30% zu variieren.

[0039] Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen schematischen und daher nicht maßstabsgetreuen Figuren näher erläutert.

[0040] Fig. 1 zeigt ein als SAW-Bauelement ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

[0041] Fig. 2 zeigt ein als FBAR-Resonator ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

[0042] Fig. 3 zeigt ein weiteres als FBAR-Resonator ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

[0043] Fig. 4A und 4B zeigen weitere Ausführungsformen der Erfindung im schematischen Querschnitt

[0044] Fig. 5 zeigt ein in Flipchipbauweise montiertes erfindungsgemäßes Bauelement im schematischen Querschnitt

[0045] Fig. 6 zeigt ein aus zwei Filterstrukturen bestehendes erfindungsgemäßes Bauelement in schematischer Draufsicht

[0046] Fig. 7 zeigt ein als Ladder Type-Filter ausgebildetes erfindungsgemäßes Bauelement in schematischer Darstellung.

[0047] In Fig. 1 ist anhand einer schematischen Querschnittsdarstellung die Erfindung für ein SAW-Bauelement erläutert. Das Bauelement BE ist als Mehrschichtbauelement auf einem Substrat SU erzeugt. Es umfaßt eine magnetosensitive Schicht MS, über der eine piezoelektrische Schicht PS ausgebildet ist. Die Bauelementstrukturen (Elektrodenstrukturen) ES sind auf der Oberfläche der piezoelektrischen Schicht PS ausgebildet, beispielsweise als Aluminium umfassende Metallisierungen. Die von den Elektrodenstrukturen ES, beispielsweise von Interdigitalwandlern erzeugten akustischen Wellen haben eine Eindringtiefe in den Mehrschichtaufbau von zirka einer halben Wellenlänge. Die Dicken von piezoelektrischer Schicht PS und magnetosensitiver Schicht MS sind so gewählt, daß beide Schichten im Eindringbereich der akustischen Welle liegen.

[0048] Das Dickenverhältnis von piezoelektrischer Schicht PS zu magnetosensitiver Schicht MS im Bereich der Eindringtiefe ist ein weiterer einstellbarer Parameter für das erfindungsgemäße Bauelement. Je größer der Anteil der magnetosensitiven Schicht innerhalb der Eindringtiefe ist, desto größer ist der Abstimmbereich, über den die Arbeitsfrequenz beziehungsweise Mittenfrequenz des Filters verschoben werden kann. Ein größerer Anteil piezoelektrischer Schicht PS innerhalb der Eindringtiefe dagegen erhöht die Kopplung und damit die Bandbreite des Filters. In Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften des Bauelements wird das Verhältnis so eingestellt, daß entweder eine hohe Kopplung oder eine hohe Abstimmbarkeit oder eine geeignete Optimierung bezüglich beider Eigenschaften erhalten wird.

[0049] In räumlicher Nähe aber nicht unbedingt im Kontakt zu dem bislang beschriebenen Bauelement BE ist das Permeabilitätsselement PE angeordnet. Vorzugsweise besteht dieses aus einer piezokeramischen Steuerschicht PB, auf der eine magnetostruktive Schicht MP abgeschieden ist. Eine erste Steuerelektrode SE ist auf der Unterseite der piezokeramischen Schicht PB angeordnet. Als zweite Steuerelektrode kann die magnetostruktive Schicht MP dienen.

[0050] Die magnetostruktive Schicht kann bei möglicher Vorpolarung ein magnetisches Moment und damit Quelle eines Magnetfelds sein. Die entsprechenden Magnetfeldlinien

sind in der Figur dargestellt. Die Anordnung des Permeabilitäts-elementes PE zum Bauelement BE ist dabei so, daß die Feldlinien symmetrisch auf die magnetosensitive Schicht MS des Bauelements BE einwirken können. Dies setzt eine zueinander symmetrische Anordnung von magnetosensitiver Schicht MS und magnetostriktiver Schicht MP voraus, beispielsweise wie dargestellt eine zueinander parallele Ausrichtung. Möglich ist es jedoch auch, die Magnetfeldlinien parallel zur magnetosensitiven Schicht MS verlaufen zu lassen, wobei dann auch das Permeabilitäts-element PE vertikal zur magnetosensitiven Schicht MS angeordnet wird.

[0051] Sofern das Magnetfeld extern, beispielsweise durch einen Dauermagneten erzeugt wird, so ist auch dieser entsprechend symmetrisch zur magnetostriktiven Schicht MP und damit zur magnetosensitiven Schicht MS auszurichten. Nur so ist gewährleistet, daß die Abstimmung der magnetosensitiven Schicht bezüglich ihres Elastizitätsmoduls über die gesamte Grundfläche der magnetosensitiven Schicht MS erfolgt und diese mindestens der akustisch aktiven Grundfläche des Bauelements entspricht. Der gewünschte Effekt ist dann für jedes Flächenelement in der magnetosensitiven Schicht MS gleich.

[0052] Die gleiche Anordnung von Bauelement BE und Permeabilitäts-element PE kann auch für eine Ausführungsform der Erfindung angewendet werden, bei der als Bauelement BE ein FBAR-Resonator eingesetzt wird. Fig. 2 zeigt einen solchen anhand eines schematischen Querschnitts. In der dargestellten Ausführung besteht der FBAR-Resonator aus einer piezoelektrischen Schicht PS, die beiderseits je eine Elektroden-schicht ES aufweist. Dieser akustisch aktive Teil des Bauelements ist zum Substrat SU hin durch einen akustischen Spiegel AS abgetrennt, der für eine hundertprozentige Reflexion der akustischen Welle zurück in den akustisch aktiven Teil des Bauelements sorgt. In der einfachsten Ausführungsform ist eine der Elektroden-schichten ES, ES' als magnetosensitive Schicht ausgebildet, indem als Material für eine der Elektroden-schichten ES, ES' ein magnetostriktives Material ausgewählt wird.

[0053] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die magnetostriktive Schicht eine Teilschicht des akustischen Spiegels AS. Wichtig ist dabei auch hier, daß die magnetosensitive Schicht im Eindringbereich der akustischen Welle liegt, so daß in dieser Ausführungsform die magnetostriktive Schicht insbesondere eine obere Teilschicht des akustischen Spiegels ist. So wird eine bessere Abstimmbarkeit über die magnetosensitive Schicht erzielt.

[0054] Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der eine zusätzliche magnetostriktive Schicht MS zwischen zwei piezoelektrischen Schichten PS1, PS2 eingefügt ist. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß die magnetosensitive Schicht MS von der akustischen Welle vollständig durchdrungen wird und so eine maximale Abstimmbarkeit gewährleistet ist. In diesem Fall können die Elektroden-schichten ES1 und ES2 in für FBAR bekannter Weise ausgebildet sein. Möglich ist es auch hier, daß die untere Elektroden-schicht ES2 eine Teilschicht des akustischen Spiegels AS darstellt. Das solchermaßen abstimmbare Bauelement BE wird nun mit einem Permeabilitäts-element PE (in den Fig. 2 und 3 nicht dargestellt) in fester Ausrichtung zueinander fixiert, wobei ein erfindungsgemäßes Bauelement erhalten wird.

[0055] Fig. 4A und 4B zeigen anhand schematischer Querschnitte erfindungsgemäße Bauelemente mit einem Permanentmagneten ME zur Erzeugung eines externen Magnetfelds in unterschiedlicher relativer Anordnung. Gemäß Fig. 4A kann das Permeabilitäts-element PE zwischen Bauelement BE und Permanentmagnet ME angeordnet sein.

Möglich ist es auch, Permeabilitäts-element PE und Bauelement BE auf verschiedenen Seiten des Permanentmagneten ME in symmetrischer Weise zueinander anzuordnen. Für die Erfindung ist es dabei ohne Belang, ob das Bauelement mit dem Substrat zum Permeabilitäts-element PE weist oder mit der Oberfläche, auf der die Elektrodenstrukturen ES angeordnet sind. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Permanentmagneten ME und das Permeabilitäts-element PE auf unterschiedlichen Seiten des Bauelements BE in zueinander symmetrischer Anordnung auszurichten. Fig. 4B zeigt eine Möglichkeit, das Permeabilitäts-element PE und den Permanentmagneten ME seitlich des Bauelements anzuordnen, so daß die Magnetfeldlinien parallel zur Oberfläche des Bauelements Bauelement mit den Elektrodenstrukturen ES ausgerichtet sind.

[0056] Fig. 5 zeigt anhand eines schematischen Querschnitts eine Möglichkeit, das Permeabilitäts-element PE mit einem herkömmlich verkapselten Bauelement BE zu kombinieren. Dargestellt ist beispielsweise ein in Flipchipbauweise auf einem Trägersubstrat TS montiertes Bauelement BE. Dabei werden die Elektrodenstrukturen ES (in der Figur nicht dargestellt) über Lotkugeln mit entsprechenden lötlähigen Metallisierungen auf der Oberfläche des Trägersubstrats TS verbunden. Das Trägersubstrat kann mehrschichtig sein und mindestens eine weitere Verdrahtungsebene aufweisen. Über diese Verdrahtungsebene und die entsprechenden Durchkontaktierungen zur Verbindung der unterschiedlichen Ebenen des Trägersubstrats TS ist das Bauelement BE mit Anschlußmetallisierungen AM auf der Unterseite des Trägersubstrats TS verbunden. Das Bauelement BE ist hier über eine mit dem Trägersubstrat abschließende Verkapselung abgedichtet, um einen Schutz gegen Feuchtigkeit und/oder Staub und/oder gegen mechanische Einwirkungen zu erzielen. Diese Verkapselung V kann eine dicht am Bauelement BE anliegende Schicht oder Schichtenfolge sein, beispielsweise eine metallische Folie, eine metallische Schicht, eine Kunststoffolie, eine Kunststoffschicht oder eine Kombination entsprechender Materialien. Möglich ist auch eine auf dem Trägersubstrat aufsitzende freitragende abdeckende Kappe. Vorzugsweise wird das Permeabilitäts-element PE in dieser Ausführung auf der Verkapselung V angebracht, beispielsweise wie dargestellt über dem Bauelement auf der Verkapselung V. Dort kann es beispielsweise durch Ankleben befestigt werden. Möglich ist es auch, das Permeabilitäts-element PE und gegebenenfalls auch den Permanentmagneten ME innerhalb der Verkapselung V anzuordnen, oder auch das Permeabilitäts-element PE als abschließenden und abdichtenden Deckel einer Verkapselung V einzusetzen.

[0057] Fig. 6 zeigt in schematischer Draufsicht zwei Filterteilstrukturen F1 und F2, die jeweils für sich als erfindungsgemäße Bauelemente BE ausgebildet sein können. Die Filterteilstrukturen F1, F2 können voneinander unabhängige Filter sein, können zusammen einen Duplexer bilden, welcher mit einer Antenne verbunden eine Frequenzweiche darstellt. Die Teilfilterstrukturen F1 und F2 können auch zusammen einen Duplexer bilden, wobei die Teilfilterstrukturen F1, F2 jeweils einen Sende- oder ein Empfangsfilter darstellen. Jedes der Filterbauelemente beziehungsweise der Filterteilstrukturen F1, F2 ist dabei mit einem eigenen Permeabilitäts-element PE1, PE2 kombiniert, so daß eine voneinander unabhängige Abstimmung der Filterstrukturen möglich ist. Für einen Duplexer bedeutet dies, den Frequenzabstand der beiden voneinander zu trennenden Frequenzbereiche zu erhöhen oder zu erniedrigen. In einem Duplexer kann auf diese Art und Weise der Duplexerabstand eingestellt werden. Möglich ist es jedoch auch, die beiden Filterteilstrukturen F1, F2 durch Serien- oder Parallelver-



schaltung zu einem einzigen Filter zusammenzuschalten. Werden dabei beispielsweise identische Filterteilstrukturen F1, F2 eingesetzt, so können durch unabhängige Abstimmung einzelner oder beider Filterteilstrukturen deren Mittenfrequenzen gegeneinander verschoben werden, wobei sich die Bandbreite des Gesamtfilters verändert. Dabei können die Teilfilterstrukturen F1, F2 einzelne Filterspuren eines SAW-Filters sein. Die Teilfilterstrukturen können aber auch einzelne oder Gruppen von FBAR-Resonatoren innerhalb einer Ladder Type-Anordnung sein. Die Ladder Type-Anordnung kann dabei aus FBAR-Resonatoren oder aus Eintor-SAW-Resonatoren bestehen.

[0058] Fig. 7 zeigt die schematische Darstellung einer Ladder Type-Anordnung, bei der beispielsweise die seriellen Resonatoren RS zu einer ersten Teilfilterstruktur F1 zusammengefaßt und mit einem ersten Permeabilitätselement PE1 kombiniert sind. Ebenso können die parallelen Resonatoren RP zu einer zweiten Teilfilterstruktur F2 verbunden werden und mit einem zweiten Permeabilitätselement PE2 kombiniert werden. Auf diese Weise gelingt eine Verstimmung der Parallelresonatoren RP gegenüber den Seriellresonatoren RS. Zusätzlich zu dieser Gegeneinanderverstimmung können sämtliche Resonatoren RS und RP gemeinsam bezüglich ihrer Mittenfrequenz verschoben werden, indem an die Permeabilitätselemente PE1, PE2 eine gemeinsame Vorspannung angelegt wird. Auf diese Weise wird ein Filter erhalten, welcher sowohl bezüglich der Mittenfrequenz als auch bezüglich der Bandbreite in einfacher Weise durch Anlegen von 1 oder 2 Steuerspannungen US an das Permeabilitätselement PE beziehungsweise dessen Steuerelektroden SE, MP erzielt werden.

[0059] Die Erfindung wurde der Übersichtlichkeit halber nur anhand weniger Ausführungsbeispiele dargestellt, ist aber nicht auf diese beschränkt. Weitere Variationsmöglichkeiten ergeben sich aus weiteren von den dargestellten Ausführungen unterschiedlichen relativen Anordnungen von Permeabilitätselement PE, magnetosensitiver Schicht PS und piezoelektrischer Schicht PS. Unabhängig davon kann zusätzlich noch ein Permanentmagnet ME zur Anordnung kombiniert werden, vorzugsweise jedoch so, daß sich symmetrische Anordnung mit symmetrischer Einwirkung der Feldlinien auf die magnetosensitive Schicht MS ergeben. Variationen sind auch bezüglich der den Typ des Bauelements bestimmenden Elektrodenstrukturen und auch bezüglich der verwendeten Materialien und Dimensionen möglich. Nicht dargestellt sind auch Maßnahmen zur Abschirmung des erfindungsgemäßen Bauelements, insbesondere Abschirmungen aus Mu-Metall.

#### Patentansprüche

1. Mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement, mit einer mit Elektrodenstrukturen (ES) versehenen piezoelektrischen Schicht (PS) mit einer in engem mechanischen Kontakt zum piezoelektrischen Schicht stehenden magnetosensitiven Schicht (MS), welche eine magnetisch abstimmbare Elastizität aufweist mit einem in der Nähe der abstimmbaren Schicht angeordneten variablen, hybriden Permeabilitätselement (PE), zumindest bestehend aus einem mit zwei Steuerelektroden (SE) versehenen Verbund einer piezoelektrischen Steuerschicht (PP) und einer magnetostriktiven Schicht (MP).
2. Bauelement nach Anspruch 1, ausgebildet als Oberflächenwellen Bauelement, bei dem die piezoelektrische Schicht (PS) über der magnetosensitiven Schicht (MS) angeordnet ist und bei dem Interdigitalwandler

umfassende Elektrodenstrukturen (ES) auf der piezoelektrischen Schicht angeordnet sind.

3. Bauelement nach Anspruch 1, ausgebildet als FBAR Resonator, bei dem zumindest eine der Elektroden (ES1, ES2) als magnetosensitive Schicht (MS) ausgebildet ist.

4. Bauelement nach Anspruch 1, ausgebildet als FBAR Resonator, bei dem ein akustischer Spiegel (A) vorgesehen ist, der zumindest die magnetosensitive Schicht (MS) umfaßt.

5. Bauelement nach Anspruch 2, bei dem die magnetosensitive Schicht (MS) in mehrere elektrisch nicht miteinander verbundene Teilflächen aufgetrennt ist, um ein Übersprechen zu unterdrücken.

6. Bauelement nach Anspruch 5, bei dem die magnetosensitive Schicht (MS) elektrisch zwischen den Teilflächen aufgetrennt ist, die unter solchen Elektrodenstrukturen angeordnet sind, zwischen denen ein Übersprechen zu unterdrücken ist.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die magnetosensitive Schicht (MS) auf einem Substrat (SU) angeordnet ist.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem zusätzliche Mittel zur Erzeugung eines die magnetosensitive Schicht (MS) und das Permeabilitätselement (PE) durchdringenden Magnetfeldes am Bauelement angeordnet sind.

9. Bauelement nach Anspruch 8, bei dem als zusätzliches Mittel zur Erzeugung eines Magnetfeldes ein Permanentmagnet (ME) vorgesehen ist.

10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die magnetosensitive Schicht (MS) ein GDE Material ist.

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die magnetostriktive Schicht (MP) ein GDE Material ist.

12. Bauelement nach Anspruch 11, bei dem das GDE Material der magnetosensitiven Schicht (MS) und/oder der magnetostriktiven Schicht (MP) ausgewählt ist aus einem metallischen Glas (Metglas), einem  $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{50}/\text{Co}_{50}\text{B}_{20}$ -Multilayersystem,  $\text{TbFe}_2$ ,  $\text{Tb}_{0,3}\text{Dy}_{0,7}\text{Fe}_2$ ,  $\text{Tb}_x\text{Dy}_{1-x}\text{Fe}_y$  mit  $0,27 \leq x \leq 0,3$  und  $1,9 \leq y \leq 1,95$ ,  $\text{Fe}_{14}\text{Nd}_2\text{B}$ , oder einem Selten Erden-Phosphat.

13. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, mit einer Verkapselung (V) oder einem Gehäuse, bei dem das Permeabilitätselement (PE) auf der Verkapselung oder dem Gehäuse angeordnet ist oder Teil der Verkapselung oder des Gehäuses ist.

14. Frontendfilter für ein drahtloses Kommunikationsendgerät, mit einem Bauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit Mitteln zum Umschalten zwischen unterschiedlichen Frequenzbändern, umfassend Mittel zum Erzeugen einer geeigneten Steuerspannung und Anlegen derselben an die Steuerelektroden (SE).

15. Verfahren zur Frequenzabstimmung in einem mit akustischen Wellen arbeitendes Bauelement (BE), mit einer mit Elektrodenstrukturen (ES) versehenen piezoelektrischen Schicht (PS) mit einer in engem mechanischen Kontakt zum piezoelektrischen Schicht stehenden magnetosensitiven Schicht (MS), welche eine magnetisch abstimmbare Elastizität aufweist

mit einem in der Nähe der magnetosensitiven Schicht angeordneten variablen, hybriden Permeabilitätselement (PE), zumindest bestehend aus einem zwei Steuerelektroden (SE) aufweisenden Verbund aus einer pie-

zoelektrischen Steuerschicht (PP) und einer magneto-  
striktiven Schicht (MP)

bei dem eine Steuerspannung ( $U_s$ ) generiert und an die  
Steuerelektroden (SE) angelegt wird, wobei eine der  
Steuerspannung entsprechende Längenausdehnung im  
Permeabilitätselement (PE) induziert wird

bei dem in Folge der Längenausdehnung ein Magnet-  
feld durch das Permeabilitätselement erzeugt oder be-  
einflußt wird

bei dem das Magnetfeld auf die magnetosensitive  
Schicht (MS) einwirkt und dort eine entsprechende  
Elastizität einstellt, der eine Arbeitsfrequenz oder ein  
Passband des Bauelements zugeordnet ist

bei dem die Steuerspannung so gewählt wird, daß das  
Bauelement in einer gewünschten Arbeitsfrequenz ar-  
beitet oder ein Passband bei einer gewünschten Fre-  
quenz aufweist.

16. verfahren nach Anspruch 15, bei dem ein konstan-  
tes Magnetfeld extern erzeugt wird, welches auf das  
Permeabilitätselement (PE) und die magnetosensitive  
Schicht (MS) einwirken kann.

17. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem das Magnet-  
feld durch Anlegen der Steuerspannung ( $U_s$ ) an das hy-  
bride Permeabilitätselement (PE) erzeugt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65



Fig 1

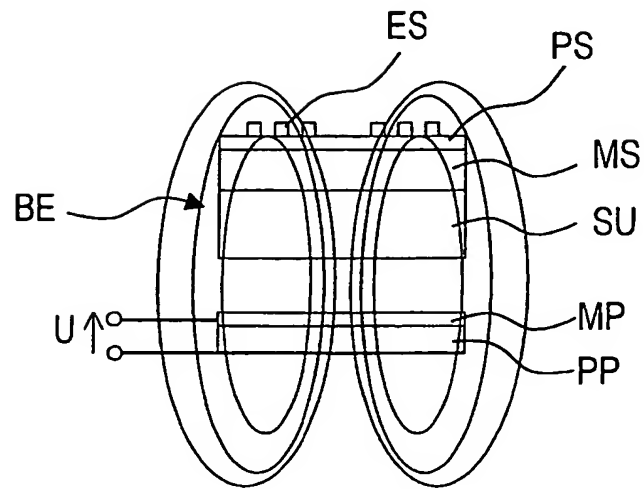


Fig 2

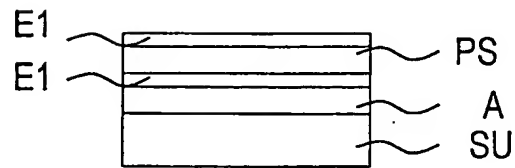


Fig 3

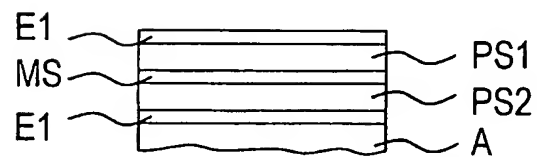


Fig 4A

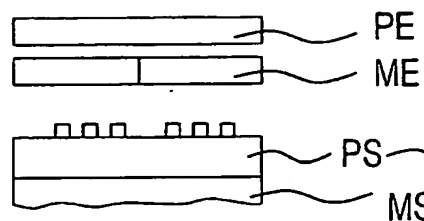


Fig 4B

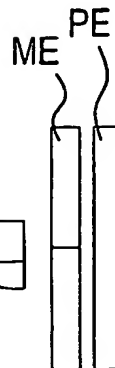


Fig 5

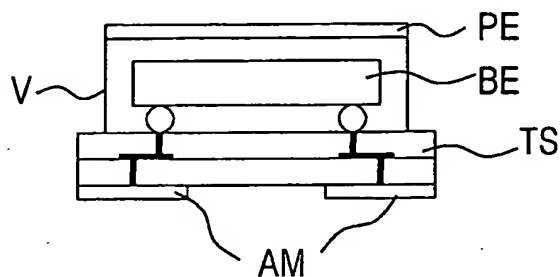


Fig 6

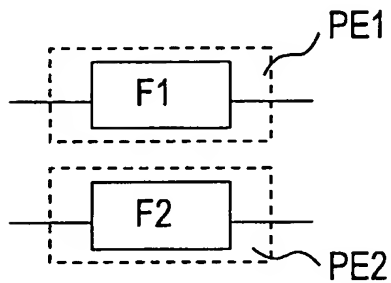
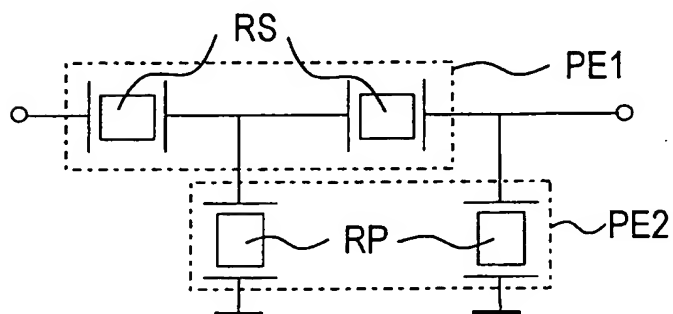


Fig 7



015628847    \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2003-691029/200366

XRPX Acc No: N03-552043

Acoustic wave device, especially tunable filter, has  
piezoelectric layer with electrode structures, magnetically tunable  
elasticity magnetosensitive layer, variable permeability element

Patent Assignee: EPCOS AG (EPCO-N)

Inventor: RUILE W; TYREN C

Number of Countries: 001    Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 10208169	A1	20030904	DE 1008169	A	20020226	200366 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1008169 A 20020226

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 10208169	A1		10	H03H-009/25	

Abstract (Basic): DE 10208169 A1

NOVELTY - The device has a piezoelectric layer (PS) with electrode structures (ES), a magnetosensitive layer (MS) with magnetically tunable elasticity in close mechanical contact with the piezoelectric layer and a variable hybrid permeability element close to the tunable layer, consisting at least of a combination of a piezoelectric control layer (PP) and a magnetostrictive layer (MP) with two control electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: a front end filter for a wireless telecommunications terminal and a method of tuning an acoustic wave component.

USE - Especially a tunable filter.

ADVANTAGE - Simple to tune and suitable for producing filters working in different frequency bands.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a surface acoustic wave component

piezoelectric layer (PS)  
electrode structures (ES)  
piezoelectric control layer (PP)  
magnetostrictive layer (MP)  
magnetosensitive layer (MS)  
pp; 10 DwgNo 1/7

Title Terms: ACOUSTIC; WAVE; DEVICE; TUNE; FILTER; PIEZOELECTRIC; LAYER;  
ELECTRODE; STRUCTURE; MAGNETIC; TUNE; ELASTIC; LAYER; VARIABLE; PERMEABLE  
; ELEMENT

Derwent Class: U14; U25; V06

International Patent Class (Main): H03H-009/25

International Patent Class (Additional): H03H-003/08; H03H-009/64;  
H03H-009/72

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): U14-G; U25-B; U25-E02; U25-E05H; V06-K04; V06-K05;  
V06-K08